

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 5 月 8 日 (08.05.2003)

PCT

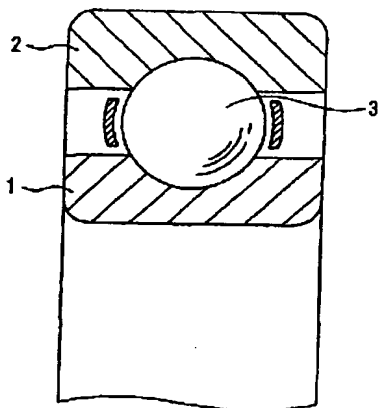
(10) 国際公開番号
WO 03/038295 A1

- (51) 国際特許分類: F16C 33/58, G01N 29/10 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒141-8560 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/10664
- (22) 国際出願日: 2002 年 10 月 15 日 (15.10.2002) (72) 発明者; および
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 木内 昭広 (KI-UCHI, Akihiro) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 松本 洋一 (MATSUMOTO, Youichi) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 大堀 學 (OHORI, Manabu) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2001-335473 2001 年 10 月 31 日 (31.10.2001) JP
特願 2002-108283 2002 年 4 月 10 日 (10.04.2002) JP

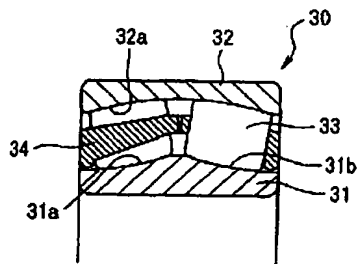
[続葉有]

(54) Title: ROLLING BEARINGS

(54) 発明の名称: 転がり軸受



(57) Abstract: Highly reliable roller bearings, comprising a ball bearing and an automatic self-aligning roller bearing (30), the ball bearing capable of preventing a short life product from occurring and stably having an assured long service life, wherein the inner ring (1) and the outer ring (2) thereof are assured by a nondestructive inspection that the maximum length of nonmetal inclusion existing in an area between a railway surface and a position with a depth twice a depth (Z_0) where the maximum shearing stress acts on these rings is 0.5 mm or shorter; the automatic self-aligning roller bearing (30) capable of providing an excellent rolling fatigue life even under an environment where a slip is liable to occur between rollers and inner and outer rings, foreign matter does not enter therein, and lubricating condition is excellent, wherein at least one of the inner ring (31) and the outer ring (32) thereof is assured by the nondestructive inspection that the square root length of a defect such as nonmetal inclusion existing in the volume of a specimen is 0.3 mm or shorter where a contact angle θ of fiber flow with the rollers (33) is 15° or less and all the peripheral surface of the railway x maximum shearing stress depth is the volume of specimen.



[続葉有]

WO 03/038295 A1



(74) 代理人: 森 哲也, 外(MORI, Tetsuya et al.); 〒101-0032
東京都千代田区岩本町二丁目3番3号 友泉岩本町
ビル 8階 日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): CN, US.

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, SE, SK, TR).

(57) 要約:

玉軸受の内輪1及び外輪2について、軌道面から最大せん断応力が作用する深さZ。の2倍の深さまでの間の領域内に存在する非金属介在物の最大長さが0.5 mm以下であることを、非破壊検査によって保証した。

このような玉軸受は、短寿命品の発生がなく安定的に長寿命が保証された高信頼性の転がり軸受である。

また、自動調心ころ軸受30の内輪31及び外輪32のうちの少なくとも一方について、ファイバーフローところ33との接する角度 θ を 15° 以下とし、且つ、軌道面全周×最大せん断応力深さ＝被検体積とした場合に、該被検体積内に存在する非金属介在物等の欠陥の平方根長さが0.3 mm以下であることを非破壊検査によって保証した。

このようなころ軸受30は、ころと内、外輪との間にすべりが生じ易く、且つ、異物が侵入しない潤滑状態が良好な環境下においても、転がり疲れ寿命が優れている。

明 細 書

転がり軸受

5 技術分野

本発明は、短寿命品の発生がなく安定的に長寿命が保証された高信頼性の転がり軸受に係り、特に、短寿命品が存在すると人命にかかわるような自動車用ハブ軸受等に好適な転がり軸受に関する。

- 10 また、本発明は、一般的には異物が混入しない環境下で使用され、玉軸受などに比べて負荷容量が高く、転動体としてのころと内、外輪との間にすべりが生じ易いころ軸受に係り、特に風力発電機用軸受などの高負荷、高剛性が要求される軸受に好適なころ軸受に関する。

背景技術

- 15 転がり軸受においては、軌道輪の軌道面及び軌道面直下に存在する非金属介在物が、転がり疲れ寿命に大きな悪影響を及ぼすことは良く知られている。特に、異物が侵入しない潤滑状態が良好な環境下ではその傾向が強い。このため、従来、長寿命化が要求される軸受については、ASTM STP 1327 P 252に記載されているように、軸受鋼素材中の酸素含有量を低下させることにより大型
- 20 介在物の生成確率を下げることで長寿命化を図ってきた。

しかし、近年においては、酸素含有量と寿命との相関が明確ではない場合が出てきたため、寿命との相関がより明確な清浄度を定量化する方法が見出され、軸受の長寿命化がなされている。

- 例えば、日本国特許公開公報 平成6年第145883号、日本国特許公開公報 平成3年第56640号、日本国特許公開公報 平成5年第117804号、日本国特許公開公報 平成6年第192790号には、鋼材を顕微鏡観察して、一定面積中に存在する Al_2O_3 を主体とする酸化物系介在物やTi系介在物などの硬い介在物の個数を規定することにより、軸受を長寿命とする技術が記載されている。これらの方法においては、ある鋼材ロットのうちの代表サンプルを検
- 25

査することにより、そのロットの鋼材で製造された全ての軸受の寿命を予測している。

- また、軸受の鋼材（素材）は高い清浄度のものが求められているので、製鋼メーカーは、圧延後丸棒などの製品段階において全周及び全断面の超音波探傷検査を行い、内部欠陥を保証して鋼材を出荷している。超音波探傷検査の方法としては、例えば、社団法人特殊鋼倶楽部編の「特殊鋼」（第46巻6号第31頁）に記載されている鋼片の超音波探傷方法などがある。

- しかしながら、上記圧延製品において、超音波探傷検査によって検出可能な欠陥は、幅が数百 μm で長さが数十mmの大きさのものであった。これは、生産性確保のために高速で探傷検査を行う必要があることと、探傷検査を行う面が圧延されたままの状態であるため、表面粗さや内部の結晶粒が粗く、これらがノイズ源となって高精度の探傷検査が不可能であったことが理由である。つまり、現状の技術では、製鋼メーカーにおける製品検査で、幅及び長さが数百 μm 程度の大きさの介在物を検出することは困難であった。

- 超音波探傷を利用して小さな介在物を検出する技術としては、例えば、焦点型探触子を用い20MHz以上の高周波により水浸垂直法にて超音波探傷検査を行う方法が、最近研究され発表されている（例えば、日本国特許公開公報 平成11年第271282号, 日本国特許公開公報 2001年第141704号等）。この方法によれば、数十 μm の介在物を精度よく検出することができる。

- しかしながら、これらの例はいずれも小さな介在物を検出するために超音波の周波数を上げており、また、対象材から代表サンプルを抜き出し水浸垂直法によって探傷検査を行うものである。したがって、製品そのものを検査する思想ではないため、短寿命品の発生を製品レベルで検出することはできなかった。また、探傷法に水浸垂直法を利用するため、表面から一定の深さまでの間の領域においては、欠陥の検出が不可能であるという問題があった。

一方、具体的な軸受の使用例に目を向けると、ハブ軸受はグリースで潤滑され、シールにより外部から異物が混入しないようになっている。このような環境下で使用される軸受の場合は、転がり疲労を受けることによって、軌道面上又は軌道面直下（内部）に存在する大型の非金属介在物を起点として剥離が生じることが

考えられる。

- 5 ハブ軸受のような、破損すると事故に結びつき人命にかかわるおそれがあるような部位に使用される軸受においては、破損はもとより剥離についても、一つの軸受にも発生しないことが重要である。そこで、このような軸受においては、使用される鋼材の清浄度を向上させるとともに、剥離に直接結びつくような表面欠陥を検出する検査を軸受全数に対して行い、合格したもののみを選別して出荷している。特に、軸受の軌道面については、主に表面に発生した割れ、キズ、地きず（長く伸びた大型介在物）等を検出する検査を、磁粉探傷や漏洩磁束を用いた方法により行っていた。

- 10 また、例えば風力発電機においては、通常は球面ころ軸受、円錐ころ軸受、円筒ころ軸受などのころ軸受が使用されている。これらのころ軸受は、転動体となるころが、内、外輪の軌道面に対して外周面において線状に接触するため、転動体に玉を用いる玉軸受に比べて、負荷容量が高く剛性が大であるという特徴を有している。なお且つ、すべり軸受に比べて焼きつきに対する信頼性が高く、長寿命であるという特徴も有している。

15 しかしながら、欠陥や大型介在物が軌道面表面に露出している場合は検出可能であるが、軌道面表面に露出せず軌道面直下（内部）に存在する場合は、これまで検出することが困難であったため、検査を行っていなかった。

- 20 表面に露出しておらず剥離に結びつくような欠陥で代表的なものとしては、鋼材中に存在する非金属介在物がある。非金属介在物はある確率で鋼材中に存在するものであるが、大きい物ほど剥離に対して悪影響を及ぼすため、特に大型介在物の低減に注目する必要がある。大型介在物の低減については鋼材の清浄度の向上を図り実施してきたが、その評価手段は代表サンプルによる評価であるため、軸受全数に対して大型介在物を保証するものではない。

- 25 また、素材となる鋼材段階での超音波探傷による全数検査では、生産上又は技術上の問題から、長さ数十mmの介在物しか検出できなかった。したがって、これ以下の長さ数mm程度の介在物については、軸受全数に対する検出、保証は困難であった。

この長さ数mm程度の大型介在物は、前述した磁粉探傷や漏洩磁束などによる

- 検査ではppmオーダーではあるが検出されているから、表面直下においても同程度の確率で存在することが予想されるが、介在物の存在する深さ等により、剥離等に結びつく確率はさらに低いと考えられる。しかしながら、ハブ軸受等のような破損すると人命にかかわるような部位に使用される軸受においては、このよ
- 5 うな懸念のある軸受が一つもないことが望まれる。

したがって、ハブ軸受等のような破損すると人命にかかわるような部位に使用される軸受においては、極めて高い信頼性が要求されるので、軌道輪の軌道面直下に存在する大型介在物を検出する検査を全ての軸受に対して行い、該検査に合格した剥離等の破損の懸念のないもののみを選別して出荷する必要があった。

- 10 一方、日本国特許公開公報 平成11年第337530号には、軸受の軌道面直下の大型非金属介在物を検出する方法が開示されている。この方法は、探傷する範囲（深さ）別に入射角を限定することにより、軸受全断面に存在する数十～数百 μ m程度の大きさの大型介在物を検出することができる。

- また、日本国特許公開公報 2000年第130447号には、鉄鋼用軸受や
- 15 鉄道車両用軸受に代表されるころ軸受について、軌道面から最大せん断応力が作用する深さである転動体平均直径の2%の深さまでの間の領域内に存在する大型介在物の大きさを限定することにより、短寿命品の発生をなくすることができる旨が記載されている。

- しかしながら、上記の公報に記載の技術は、主としてころ軸受に対して好適であり、玉軸受に対しては必ずしも好適とは言えない。その理由を詳述すると、①
- 20 玉軸受は、軌道面と転動体とが点接触となるので、線接触となるころ軸受に比べて一般に面圧が大きくなる、②玉軸受は、軌道輪のメタルフローと転動体との接触角度が一般に大きくなるので、接触角度が平行に近いころ軸受と比べて寿命が短くなりやすい、③玉軸受は、エンドフローが軌道面に露出しているのもので、その
- 25 影響が避けられない、等である。

よって、玉軸受において短寿命品の発生をなくするためには、大型介在物の検出を行う領域は日本国特許公開公報 2000年第130447号に記載のものでは不十分であり、検査対象領域（軌道面からの深さ）を大きくして、より深い位置まで鋼の清浄度を保証する必要がある。

さらに、前述したころ軸受は容易に負荷容量を上げることが可能であるものの、線接触のため点接触である玉軸受に比べて挙動が複雑になりやすく、例えばころと内輪又は外輪との間で滑りが生じる問題がある。この滑りを伴った場合には、異物が侵入しない潤滑状態が良好な環境下での転がり疲れ寿命についてはまだ不

5 明な点が多く、研究課題となっている。

また、風力発電機に使用されるころ軸受については、軸受が破損した場合、発電機から軸受を外して交換する必要が生じて多大な損害を被ることになるため、発電機のメンテナンス上の観点から、軸受には長寿命化が求められる。従って、これらの軸受でははくりに直接結びつくような軌道面の内部欠陥を無くすることが

10 が求められている。

特に、複列の自動調心ころ軸受は、元来、転動体であるころが接触角を有して傾斜することに加えて更に半径方向（ラジアル）及び軸方向（アキシヤル）の両方の負荷を受ける構造を持つことから、ころが斜めになったまま転がったり、振れたまま転がったりする挙動が起こり、ころが滑りやすい。

15 従って、寿命についてはすべりの少ない使用環境下で使用される軸受に比べ短くなる問題がある。しかも、潤滑条件が悪くなると、上記すべり挙動の傾向が増して摩擦が増大し、軌道面の早期はくりや軸受の発熱などが生じる。よって、内部の大きな欠陥（大型介在物）のみならずより表面近傍の小さな欠陥（大型介在物）でもはくりの起点となり得、寿命がさらに短くなる問題がある。

20 更に、軸受の転走面に対する材料のファイバーフローと寿命の関係については、一般的には材料のファイバーフローが軸受の軸方向に平行に延びた形が寿命には良いとされ、軸受を製造する際の素材取りに工夫がされている。ただし、軸受の転走面に対する材料のファイバーフローの角度と寿命との関係については、これまで定性的には示された例はあるが、寿命に有害な介在物の長さの寿命への影響

25 について研究された例はない。

そこで、本発明は、このような従来技術が有する問題点を解決し、短寿命品の発生がなく安定的に長寿命が保証された高信頼性の転がり軸受を提供することを課題とする。

また、ころと内、外輪との間にすべりが生じ易く、且つ、異物が侵入しない潤

滑状態が良好な環境下でも優れた転がり疲れ寿命を有するころ軸受を提供することを課題とする。

発明の開示

- 5 前記課題を解決するため、本発明は次のような構成からなる。まず、本発明の転がり軸受は、内輪と、外輪と、前記内輪と前記外輪との間に転動自在に配設された複数の転動体と、を備える転がり軸受において、前記内輪及び前記外輪の少なくとも一方は、軌道面から最大せん断応力が作用する深さの2倍の深さまでの間の領域内に存在する非金属介在物の最大長さが0.5 mm以下であることが、
- 10 非破壊検査によって保証されていることを特徴とする。

そして、前記非金属介在物の最大平方根長さが0.2 mm以下であることが、非破壊検査によって保証されていることが好ましい。

- このような構成の転がり軸受は、非破壊検査によって軌道面下の深い位置まで清浄度が保証されているので、短寿命品の発生がなく、安定的に長寿命が保証さ
- 15 れる。よって、ハブ軸受等のように、破損すると人命にかかわるような部位に使用され、極めて高い信頼性が要求される軸受に好適である。清浄度が保証されている範囲が前記領域よりも小さいと、すなわち、最大せん断応力が作用する深さの2倍の深さよりも浅い位置までしか清浄度が保証されていないと、短寿命品が発生するおそれが出てくる。

- 20 また、前記非金属介在物の大きさは、最大長さが0.5 mm以下である必要がある。0.5 mm超過の非金属介在物が存在すると、転がり軸受の寿命が不十分となるおそれがある。

- さらに、前記非金属介在物の大きさは、最大長さが0.5 mm以下で且つ最大平方根長さが0.2 mm以下であることが好ましい。そうすれば、転がり軸受が
- 25 より長寿命となる。最大平方根長さが0.2 mm超過の非金属介在物が存在すると、転がり軸受の寿命が不十分となるおそれがある。

なお、本発明における平方根長さとは、非金属介在物の形状が立方体状、直方体状である場合は、その最大辺長さと最小辺長さとの積の平方根を意味し、非金属介在物の形状が球状、楕円球状、粒状である場合は、その最大径と最小径との

積の平方根を意味する。

- 一方、ころ軸受は、潤滑状態が管理された環境下で使用される場合、転がり疲労を受けることで、軌道面上又は軌道面直下（内部）に存在する大型の非金属介在物が起点となつてはくりすることが考えられる。このため、軸受に使用される
- 5 鋼材の清浄度を向上させたり、軌道面上の介在物については全数磁粉探傷や漏洩磁束により検査を実施してきた。しかし、軌道面直下（内部）の介在物については従来検出する方法が無かったため、検査を行っていなかった。

- そこで、本発明者らは、日本国特許公開公報 平成11年第337530号で軸受の軌道面直下の大型非金属介在物を検出する方法について開示し、軸受軌道
- 10 面の大型介在物を検出し、内部欠陥を保証可能な方法を提案してきた。この方法は、超音波探傷法を利用することで、軸受軌道面に存在する大きさ数十ミクロン～数百ミクロン程度の大型介在物を検出可能とする方法である。

- また、本発明者らは、日本国特許公開公報 2000年第130447号などで、鉄鋼用軸受や鉄道車両用軸受に代表されるころ軸受について、軌道面全面×
- 15 ころがり接触応力を受ける深さである転動体平均直径の2%深さの体積中に存在する大型介在物を限定することで、短寿命品をなくすることが出来る技術を提案している。

- その後、本発明者らが鋭意研究を行った結果、下記の2点を見出し、本発明を完成するに至った。すなわち、上記説明のように、特にすべりを伴う環境下で使
- 20 用されるころ軸受の場合は、日本国特許公開公報 2000年第130447号に開示された発明に比べて介在物の限定条件が厳しくなる点と、軸受の転走面に対する材料のファイバーフローの角度についても、すべりを伴う上記使用環境において長寿命を得るためには限定条件がある点と、を見出した。

- 即ち、本発明のころ軸受は、内輪と外輪との間に複数のころが周方向に沿って
- 25 配設されたころ軸受であつて、前記内輪及び前記外輪のうちの少なくとも一方の軌道輪のファイバーフローと前記ころとの接する角度 θ が 15° 以下であり、且つ、軌道面全周×最大せん断応力深さ＝被検体積とした場合に、該被検体積内に存在する欠陥の平方根長さが 0.3 mm 以下であることが非破壊検査により保証されていることを特徴とする。

一般的な使用環境下では、軸受の寿命に影響を及ぼす内部欠陥の長さを0.5 mm以下とすることで長寿命が得られることを、日本国特許公開公報 2000 年第130447号で提案した。しかし、すべりを伴う環境下の場合は、それより厳しく0.3 mm以下とすることで長寿命効果が得られることが判った。これは、すべりが介在物の周りの応力集中度を上げていることが原因と推定される。また、このことに加えて、潤滑状態が厳しくなるため、より最大せん断応力位置より浅い個所にも過大な応力が発生し、はくりに至る頻度を向上させていることも原因と推定される。

さらに、すべりを伴う環境下では、従来は影響が少なかった軸受の転走面に対する材料のファイバーフローの角度 θ （軌道輪のファイバーフローところとの接する角度 θ ）が寿命に影響を及ぼすことが判った。その角度 θ は 15° 以下とすることで長寿命効果が認められ、さらに 10° 以下とすることで、さらに効果的があることが確認された。但し、この角度 θ の数値限定は上述した内部欠陥の平方根長さとの関係があり、平方根長さが0.3 mm以下でないと長寿命効果が得られないことも確認された。

図面の簡単な説明

- 図1は、本発明に係る転がり軸受の一実施形態である玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。
- 図2は、軌道輪の熱処理条件を示す図である。
- 図3は、本発明において使用し得る超音波探傷装置の一例を示す概略図である。
- 図4は、寿命試験機の構成を示す図である。
- 図5は、介在物の最大長さと軸受寿命との相関を示すグラフである。
- 図6は、介在物の最大平方根長さと軸受寿命との相関を示すグラフである。
- 図7は、本発明に係るころ軸受の一実施形態である複列の自動調心ころ軸受の構成を示す部分縦断面図である。
- 図8は、軌道輪の転走面に対する材料のファイバーフローの角度 θ の定義を説明するための説明図である。
- 図9は、内輪の軸線と材料のファイバーフローが平行な状態を示す図である。

図10は、非金属介在物の平方根長さと軸受寿命との関係を示すグラフ図である。

図11は、ファイバーフローの角度 θ と軸受寿命比との関係を示すグラフ図である。

5

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、本実施形態は本発明の一例を示したものであって、本発明は本実施形態に限定されるものではない。

- 10 図1は、本発明に係る転がり軸受の一実施形態である玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。この玉軸受（呼び番号6206）は、内輪1と、外輪2と、該内輪1、2の間に転動自在に配設された複数の玉3と、を備えており、自動車用ハブ軸受等に近似の構成である。

- 15 内輪1及び外輪2は鋼材（S53C又はSUJ2）で構成されており、後述するような熱処理が施され研削された後に、超音波探傷法により軌道面直下に存在する非金属介在物の検査が行われたものである。

- ここで、軌道輪の熱処理方法について説明する、内輪1及び外輪2がS53Cで構成されている場合は、内輪1及び外輪2の軌道面、シャフトに接する内輪1の内径面、及びハウジングに接する外輪2の外径面に、図2の（a）に示すような高周波焼入れと大気焼戻しを施し、前記各面に硬化処理を行った。
- 20

また、内輪1及び外輪2がSUJ2で構成されている場合は、内輪1及び外輪2に、図2の（b）に示すような光輝焼入れと大気焼戻しを行った。

いずれの場合も、内輪1及び外輪2の表面硬さはHRC60.0～63.0であった。

- 25 なお、玉3はSUJ2で構成されており、図2の（b）に示す光輝焼入れと大気焼戻しが施されている。

次に、超音波探傷法により行った非金属介在物の検査の方法について説明する。

図3は、超音波探傷装置の概略図である。

超音波伝達媒体としての水が貯留された水槽11内に、被検体転がり軸受の軸

受リング 12（外輪又は内輪）及び超音波探傷用探触子 13 が、それぞれ水に浸漬された状態で配置されている。超音波探傷用探触子 13 としては、指向性が強く軸受リング 12 の曲率の影響を受けにくい焦点型探触子（振動子径 6.5 mm）を用いている。ただし、若干感度は落ちるものの探傷範囲が広いフラットタイプの探触子を使用しても、同様の結果を得ることができる。

軸受リング 12 は、水槽 11 内に水平方向に互いに離間配置された二個のブーリ 14、14 に載置されており、各ブーリ 14、14 と回転駆動用モータ 15 のモータ軸に固定されたブーリ 16 とには、ベルト 17 が正三角形に巻き掛けられている。回転駆動用モータ 15 は、モータ駆動用制御アンプ 18 を介して制御装置 19 によって制御されるようになっており、回転駆動用モータ 15 の駆動により各ブーリ 14、14 に載置された軸受リング 12 が所定の速度で回転するようになっている。なお、制御装置 19 は、CRT 等の表示手段を備えたパーソナルコンピュータ等で構成されている。

超音波探傷用探触子 13 は、軸受リング 12 の軸方向に沿って移動可能に配置されたりニアガイド装置 20 により支持された XY ステージ 22 に、探触子取付具 23 を介して取り付けられており、軸受リング 12 の軌道面に対向配置されている。そして、超音波探傷用探触子 13 は、軸受リング 12 の軌道溝の円弧に沿って軸方向に移動可能とされている。

その超音波探傷用探触子 13 は、超音波探傷装置 24 からの電圧信号に応じた超音波パルス（周波数 10 MHz）を、軸受リング 12 の内周面に向けて送信するとともにその反射エコーを受信し、これを電圧信号に変換して超音波探傷装置 24 に送信する。

超音波探傷装置 24 は、制御装置 19 からの指令に基づいて超音波探傷用探触子 13 に電圧信号からなる指令信号を送信するとともに、送信した信号と受信した信号とを基にして得られた探傷情報を制御装置 19 に送信し、制御装置 19 がこれを CRT 上に表示する。

リニアガイド装置 20 は、リニアガイド用コントローラ 26 によって制御される図示しないサーボモータを介して、超音波探傷用探触子 13 を軸受リング 12 の軸方向に移動させるようになっている。リニアガイド用コントローラ 26 は、

軸受リング12の外周面に設置されたロータリエンコーダ25により軸受リング12が一回転(360°)したことが探知されると、制御装置19からの指令に基づいてサーボモータを制御し、超音波探傷用探触子13を軸受リング12の軸方向に所定寸法移動させる。これにより、軸受リング12の全軌道表面の探傷が
5 なされるようになっている。

なお、軸受リング12に入射する超音波の入射角は19°及び27°(屈折角は45°及び90°)とし、最大せん断応力が作用する深さ(転動体直径Daの2%の深さ)の2倍の深さまで、十分に探傷できる状態で探傷を行った。

このようにして探傷検査を行った軌道輪を用いて玉軸受を組み立て、寿命試験
10 を行った。その際には、内輪には欠陥が検出されたものを用い、外輪には欠陥が検出されなかったもの(介在物の大きさが本発明の限定範囲内にあるもの)を用いた。つまり、外輪には短寿命となる要因が少ないものを使用して、内輪に存在する介在物によって軸受の寿命が決定するような条件で寿命の評価を行っている。よって、後に示す各表に記載した介在物の大きさ等は、内輪について示したものである。
15

なお、内輪の欠陥については、反射エコーの範囲(欠陥の大きさ)やビーム路程から、その大きさ及び存在する深さを特定し、大きさ及び深さにより選別して寿命試験に供した。

この欠陥の大きさ、深さの特定にあたっては、以下のような手法を用いた。まず、超音波探傷検査によって欠陥が検出された軌道輪を切断し、顕微鏡観察によって介在物を見つけ、その大きさ(長さ)と深さ(位置)とを確認した。そして、超音波探傷検査により得られていた反射エコーの範囲及び強度と比較することにより、介在物の大きさ(長さ)と反射エコーの範囲及び強度との相関関係を求め、この予め得た相関関係を利用して、超音波探傷検査を行った軌道輪の介在物の大
20 きさ(長さ)及び深さを特定した。
25

次に、上記のようにして得られた玉軸受の寿命試験の方法について説明する。玉軸受を図4に示す片もち型寿命試験機に装着し、下記の試験条件で回転させることにより寿命試験を行った。そして、軌道面に剥離が生じるまでの時間を寿命として評価した。

ラジアル荷重 : 13830N

回転軸の回転数 : 3900rpm

潤滑 : 潤滑油VG68

- JIS B1518による転がり軸受の計算寿命が12時間であるため、寿命試験の打ち切り時間は、その約8倍以上の100時間とした。また、寿命試験で軌道面に剥離が生じた場合に、欠陥位置と剥離位置との相関を寿命試験後に検証できるように、超音波探傷検査により発見された欠陥位置から軸方向に延長した端面に印を付けておいた。

- まず、表1に示す実施例1～4及び比較例1～6の軸受の試験結果について説明する。これらは全て軌道輪がS53Cで構成されており、軌道面には高周波焼入れによる硬化層が形成されている。そして、前述したように、内輪の軌道面直下に非金属介在物が存在している。

- なお、実施例1～4及び比較例1～6の内輪に存在する介在物は、その最大長さは表1に示す通りであるが、最小長さはいずれも0.04～0.06mmの範囲であった。また、その存在位置は、いずれも今回の寿命試験の最大せん断応力が作用する深さ（Z。）の2倍の深さより浅い位置であった。

表 1

	鋼種	非金属介在物の 最大長さ (mm)	寿命 (h r)
実施例 1	S 5 3 C	0 . 5	9 5
実施例 2	S 5 3 C	0 . 4	1 0 0
実施例 3	S 5 3 C	0 . 3	1 0 0
実施例 4	S 5 3 C	0 . 2 4	1 0 0
比較例 1	S 5 3 C	0 . 5 5	1 5
比較例 2	S 5 3 C	0 . 5 8	1 4
比較例 3	S 5 3 C	0 . 7	1 1
比較例 4	S 5 3 C	0 . 8 5	5
比較例 5	S 5 3 C	1 . 2	3
比較例 6	S 5 3 C	2 . 5	2 . 5

表1とその結果をグラフ化した図5とから分かるように、実施例1～4は介在物の最大長さが0.5 mm以下であるので、極めて長寿命であった。特に、実施例2～4は、計算寿命の8倍以上である100時間を経過しても剥離が生じなかったもので、寿命試験を打ち切った。よって、介在物の最大長さは0.4 mm以下であることがより好ましいと言える。

これに対して、比較例1～6は、介在物の最大長さが0.5 mm超過であるので短寿命となり、最も長い比較例1でも実施例1の1/6以下であった。

なお、寿命試験により剥離が生じた実施例1及び比較例1～6の剥離位置は、いずれも超音波探傷検査により欠陥が発見された位置と一致しており、介在物から剥離が生じたことが確認された。

次に、表2に示す実施例5～8及び比較例7～10の軸受の試験結果について説明する。これらは全て軌道輪がS 5 3 Cで構成されており、軌道面には高周波焼入れによる硬化層が形成されている。そして、前述したように、内輪の軌道面直下に非金属介在物が存在している。

なお、実施例5～8及び比較例7～10の内輪に存在する介在物の存在位置は、いずれも今回の寿命試験の最大せん断応力が作用する深さ（Z。）の2倍の深さより浅い位置であった。

表 2

	鋼種	非金属介在物の大きさ (mm)			寿命 (hr)
		最大長さ	最小長さ	最大平方 根長さ	
実施例 5	S 5 3 C	0. 5 0	0. 0 5	0. 1 6	1 0 0
実施例 6	S 5 3 C	0. 4 2	0. 1	0. 2 0	8 0
実施例 7	S 5 3 C	0. 3 0	0. 0 8	0. 1 5	1 0 0
実施例 8	S 5 3 C	0. 2 5	0. 0 5	0. 1 1	1 0 0
比較例 7	S 5 3 C	0. 4 5	0. 2	0. 3 0	6
比較例 8	S 5 3 C	0. 3 0	0. 2	0. 2 4	1 0
比較例 9	S 5 3 C	0. 7 0	0. 1 5	0. 3 2	7
比較例 1 0	S 5 3 C	1. 5 0	0. 0 5	0. 2 7	8

表2とその結果をグラフ化した図6とから分かるように、実施例5～8は、介在物の最大長さが0.5 mm以下であり、且つ、最大平方根長さ（最大長さと最小長さとの積の平方根）が0.2 mm以下であるので、計算寿命の約7倍以上と極めて長寿命であった。特に、実施例5, 7, 8は100時間を経過しても剥離
5 が生じなかったのを、寿命試験を打ち切った。よって、最大平方根長さは0.16 mm以下であることがより好ましいと言える。

これに対して、比較例7～10は、最大平方根長さが0.2 mm超過であるので短寿命となり、最も長い比較例8でも実施例6の1/8であった。

なお、寿命試験により剥離が生じた実施例6及び比較例7～10の剥離位置は、
10 いずれも超音波探傷検査により欠陥が発見された位置と一致しており、介在物から剥離が生じたことが確認された。

次に、表3に示す実施例9～11及び比較例11～14の軸受の試験結果について説明する。これらは軌道輪がS53C又はSUJ2で構成されており、それぞれ前述のような熱処理が施されている。そして、前述したように、内輪の軌道
15 面直下に非金属介在物が存在している。

表 3

	鋼種	非金属介在物の大きさ (mm)			非金属介在物の存在位置 ¹⁾	寿命 (hr)
		最大長さ	最小長さ	最大平方根長さ		
実施例 9	S 5 3 C	0. 5 0	0. 0 5	0. 1 6	$0. 7 \times Z_0$	1 0 0
実施例 1 0	S 5 3 C	0. 4 2	0. 1	0. 2 0	$2 \times Z_0$	1 0 0
実施例 1 1	S U J 2	0. 3 0	0. 0 8	0. 1 5	$1. 2 \times Z_0$	1 0 0
比較例 1 1	S 5 3 C	0. 3 0	0. 2	0. 2 4	$2. 5 \times Z_0$	1 0 0
比較例 1 2	S U J 2	1. 0 0	0. 2	0. 4 5	$2. 2 \times Z_0$	1 0 0
比較例 1 3	S 5 3 C	2. 0 0	0. 0 8	0. 4 0	$1. 8 \times Z_0$	1 4
比較例 1 4	S U J 2	0. 4 0	0. 3	0. 3 5	$0. 8 \times Z_0$	5

1) Z_0 : 最大せん断応力が作用する深さ

表3から分かるように、実施例9～11は、介在物の最大長さが0.5mm以下であり、且つ、最大平方根長さ（最大長さと最小長さとの積の平方根）が0.2mm以下であり、しかも、介在物の存在位置がZ₀の2倍の深さより浅い位置であるので、極めて長寿命であり、計算寿命の8倍以上である100時間を経過しても剥離が生じなかった。

これに対して、比較例11, 12は、最大平方根長さは0.2mm超過であるものの、介在物の存在位置がZ₀の2倍の深さより深い位置であるため、100時間を経過しても剥離が生じず長寿命であった。このことから、介在物の大きさを規定する領域は、軌道面からZ₀の2倍の深さまでの間の領域とすることが好ましいと言える。

また、比較例13, 14は、最大平方根長さは0.2mm超過であり、しかも、介在物の存在位置がZ₀の2倍の深さより浅い位置であるので短寿命であった。なお、寿命試験により剥離が生じた比較例13, 14の剥離位置は、いずれも超音波探傷検査により欠陥が発見された位置と一致しており、介在物から剥離が生じたことが確認された。

以上説明したように、前述した本実施形態の玉軸受は、軌道面から最大せん断応力が作用する深さの2倍の深さまでの間の領域内に存在する非金属介在物の最大長さが0.5mm以下であることが、非破壊検査によって保証されているので、極めて長寿命である。よって、ハブ軸受等のように、破損すると人命にかかわるような部位に使用され、極めて高い信頼性が要求される軸受に好適である。

なお、本実施形態においては、軌道輪を構成する鋼には、ハブ軸受に一般的に使用されるS53Cの高周波焼入れ品及びSUJ2のずぶ焼き品を使用したか、例えば肌焼鋼等の他の軸受鋼を用いても何ら差し支えない。

また、本実施形態においては、転がり軸受として深みぞ玉軸受を例示して説明したが、破損すると人命にかかわるような部位に使用され高信頼性が要求される転がり軸受であれば、本発明の転がり軸受は、他の種類の様々な転がり軸受に適用することができる。例えば、アンギュラ玉軸受、自動調心玉軸受、円筒ころ軸受、円すいころ軸受、針状ころ軸受、自動調心ころ軸受等のラジアル形の転がり軸受や、スラスト玉軸受、スラストころ軸受等のスラスト形の転がり軸受があげ

られる。

次に、本発明に係るころ軸受の実施の形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

- 図7は、本発明に係るころ軸受の一実施形態である複列の自動調心ころ軸受の構成を示す部分縦断面図である。また、図8は、軌道輪の転走面に対する材料のファイバーフローの角度 θ （軌道輪のファイバーフローところとの接する角度 θ ）の定義を説明するための説明図であり、図9は、内輪の軸線と材料のファイバーフローが平行な状態を示す図である。さらに、図10は、非金属介在物の平方根長さ $\sqrt{L \times D}$ と軸受寿命との関係を示すグラフであり、図11は、ファイバーフローの角度 θ と軸受寿命比との関係を示すグラフである。なお、この実施形態では、ころ軸受として複列の自動調心ころ軸受（以下、自動調心ころ軸受という）を例に採る。

- この自動調心ころ軸受30は、図7に示すように、内輪31の2列の軌道溝31a、31bと外輪32の軌道面32aとの間に二列のころ33が保持器34を介して周方向に転動可能に介装されている。

- そして、この自動調心ころ軸受30は、内輪31及び外輪32のうちの少なくとも一方の軌道輪のファイバーフローところ33との接する角度 θ が 15° 以下、好ましくは 10° 以下であり、且つ、軌道面全周 \times 最大せん断応力深さ $=$ 被検体積とした場合に、該被検体積内に存在する非金属介在物、地傷、開口クラック等の欠陥の平方根長さが 0.3 mm 以下であることが超音波探傷検査装置等による非破壊検査により保証されている。このことにより、ころ33と内、外輪31、32との間にすべりが生じ易く、且つ、異物が侵入しない潤滑状態が良好な環境下においても、転がり疲れ寿命が優れている。

- ここで、欠陥の平方根長さとは、欠陥の形状が線状である場合（線状欠陥）は、その長さ L と幅 D との積の平方根 $(L \times D)^{1/2}$ を平方根長さとし、欠陥の形状が粒状、球状又は塊状である場合（非線状欠陥）は、その最大径（長軸径） D_1 と最小径（短軸径） D_2 との積の平方根 $(D_1 \times D_2)^{1/2}$ を平方根長さとする。

また、軌道輪のファイバーフローところ33との接する角度 θ とは、軌道輪の転走面に対する材料のファイバーフローの角度 θ と同義である。図8で内輪31

を例に採って説明すると、この角度 θ は複列の2つの軌道溝31a, 31bによって2つ(θ_1 , θ_2)でき、軸心Oから軌道溝範囲の内端と外端を結ぶ範囲の中点 g_1 , g_2 の軌道溝表面上の接線とファイバーフローとのなす角度で θ_2 (θ_1)を定義する。なお、小さい方の角度 θ_1 と大きい方の角度 θ_2 があるが、寿命は大きい方の角度 θ_2 によって支配されるため、内輪31の場合は角度 θ_2 を用い、後述する図11及び表5についてもこの角度 θ_2 を用いて整理した。

また、円すいころ軸受や円筒ころ軸受の場合は、上記の自動調心ころ軸受のように軌道面が球面とはなっていないため、軌道溝表面上の接線は軌道面そのものとなる。従って、この場合は、ファイバーフローとところとのなす角度は、軌道輪の軸線を含む断面におけるファイバーフローと軌道面とのなす角度で定義される。

図3の超音波探傷検査装置の構成や使用方法是前述の通りであるので、その説明は省略する。ただし、後述する実施例21と実施例22とにおいては、この装置は、少なくとも軸受リング(内輪、外輪)の最大せん断応力位置よりも深い表面下2mmまでを入射角 $10 \sim 30^\circ$ (好ましくは $25 \sim 30^\circ$)の斜角探傷法で探傷し、更に、該斜角探傷法による探傷範囲よりも深い範囲を入射角 $0 \sim 10^\circ$ (好ましくは $0 \sim 5^\circ$)の垂直探傷法を用いて探傷して、前記軸受リングの全断面を探傷するものである。また、超音波探傷用探触子13から軸受リング12に送信する超音波は周波数30MHz以下である。

(実施例21)

自動調心ころ軸受(呼び番22211)を用いて、軸受軌道面に存在する非金属介在物の平方根長さ及び深さと軸受寿命との関係の評価を行った。非金属介在物の評価は、図3の超音波探傷検査装置にて検査を行った。

非金属介在物と軸受寿命との相関を調査するにあたり、通常の鋼を使用すると非金属介在物の発生頻度が低いため、効果的に所定の非金属介在物を選別する目的で、あえて清浄度の劣る鋼(鋼種: SUJ2)を溶解し、試験用素材として使用した。

そして、清浄度の劣るSUJ2を素材として、自動調心ころ軸受の内輪を製作した。この内輪を熱処理し研削した後、超音波探傷にて非金属介在物の有無(非金属介在物の平方根長さ及び深さ)を調査して、表4に示すNo. 1~No. 9

の自動調心ころ軸受をそれぞれ製作した。なお、自動調心ころ軸受の外輪及びころについては、通常の清浄度の優れる流通材（S U J 2）を使用し、内輪と同様の手順にて製作した。また、外輪及びころは、予め超音波探傷により、大きな非金属介在物が検出されなかったものを選別し使用した。

- 5 本実施例で製作した自動調心ころ軸受（内輪、外輪、ころ）の素材取り方向は、何れも材料のファイバーフローの方向が軸受の軸方向と平行になる角度で行った。図9に内輪（内輪外径65mm、内径55mm、幅25mm）とファイバーフローの位置関係を示す。

超音波探傷の条件は以下の通りとした。

- 10 探触子：焦点型探触子及びフラット型探触子（振動子径6.5mm）
周波数：5MHz～10MHz
入射角：19°，27°（屈折角：45°，90°）

実施例に用いるNo. 1～No. 9の自動調心ころ軸受の選定に先立ち、予備探傷検査により幾つかの欠陥軸受を検出した。そして、その欠陥部の超音波反射エコーの検出範囲（大きさ）及びビーム路程（超音波の時間軸）の情報と、その欠陥部を切断検査して検出した実欠陥（非金属介在物）の大きさ及び深さとの相関関係を予め調査したうえ、本実施例の非金属介在物を有する自動調心ころ軸受の選定（大きさ、深さ推定）に供した。

- 次に、軸受寿命試験には異物が混入しないように管理された潤滑油を使用し、
20 潤滑油が軸受中に十分行きわたる構造を持った回転試験機を用いて行った。

試験条件を以下に示す。

軸受：自動調心ころ軸受（呼び番22211）
試験荷重：ラジアル荷重35000N、アキシヤル荷重7000N
軸受回転速度：1500min⁻¹

- 25 潤滑油：VG68相当の鉱物油

寿命試験の打ち切り時間は、JIS B1518による転がり軸受の計算寿命が143時間であるため、その2倍を超える300時間とした。また、はくりが発生した場合は、超音波による非金属介在物の発見位置とはくり位置との相関をみるため、超音波検査後に欠陥位置の軸方向に延長した端面に印をつけ、検証を

行った。

表 4 及び図 10 に寿命試験を行った結果を示す。

表 4

No.	非金属介在物の 平方根長さ(mm)	寿命(hr)	非金属介在物深さ
1	0.13	300(中断)	Zo以内
2	0.22	300(中断)	
3	0.30	300(中断)	
4	0.45	290	
5	0.50	272	
6	0.55	140	
7	0.60	60	
8	0.75	50	
9	0.75	300(中断)	Zo越え

表4及び図10から明らかなように、非金属介在物の平方根長さを0.5mm以下(N o. 1~N o. 5)とすると、ある程度長寿命であり、さらに平方根長さを0.3mm以下(N o. 1~N o. 3)とすると、300時間を越えてもはくりせず、試験中断となった。従って、非金属介在物の平方根長さを好ましくは0.3mm以下とすることで、更に長寿命となることが判る。

一方、非金属介在物の平方根長さが0.5mmを超えるものは(N o. 6~N o. 8)、計算寿命以下ではくりするなど短寿命な結果となった。また、これらは何れも非金属介在物の存在深さが最大せん断応力位置(Z_0)より浅い軸受の実施例である。 Z_0 よりも深い位置に非金属介在物が存在する場合は、非金属介在物の平方根長さが0.5mmを大きく越える0.75mmの例であっても、300時間を超えるまではくりは発生せず長寿命であった。

以上の結果から、使用中に滑り等が生じる場合がある自動調心ころ軸受について、軌道面表面及び Z_0 以内と表面近傍に介在物が存在した場合の寿命特性を評価した結果、非金属介在物の平方根長さを0.5mm以下、好ましくは0.3mm以下に保証することで、安定的に長寿命化が図れることが判った。

(実施例22)

次に、自動調心ころ軸受(呼び番22211)を用いて、内輪のファイバーフローところとの接する角度 θ と、軌道面に存在する非金属介在物の平方根長さ及び寿命との関係の評価を行った。非金属介在物の評価は、実施例21と同様に、図3の超音波探傷検査装置にて検査を行った。

使用する自動調心ころ軸受は、以下のようにして製造した。軌道面に対するファイバーフローの角度 θ が任意の角度になるように、内輪の軸線と素材(円柱材)の軸線とのなす角度 α を種々変化させて、素材となる鋼材から素形リングを削り出した(図8を参照)。その後、実施例21と同様の工程にて、 $\theta=0\sim90^\circ$ の内輪を製作して表5に示すN o. 10~N o. 18の自動調心ころ軸受を製作した。

なお、この場合の内輪の素材も上記実施例21と同様に、非金属介在物の発生頻度の観点からあえて清浄度の劣る鋼材を溶解し、それを用いた。また、外輪及びころについても、実施例21と同様に、通常の清浄度の優れる流通材を用いて

一般的な方法で製作し、転走面に対する材料のファイバーフローの角度は軸受の軸方向と平行とした。

超音波探傷の条件は以下の通りとした。

探触子：焦点型探触子及びフラット型探触子（振動子径6.5 mm）

5 周波数：5 MHz～10 MHz

入射角：19°，27°（屈折角：45°，90°）

実施例に用いるNo. 10～No. 18の自動調心ころ軸受の選定に先立ち、予備探傷検査により幾つかの欠陥軸受を検出した。そして、その欠陥部の超音波反射エコーの検出範囲（大きさ）及びビーム路程（超音波の時間軸）の情報と、
10 その欠陥部を切断検査して検出した実欠陥（非金属介在物）の大きさ及び深さとの相関関係を予め調査したうえ、本実施例の非金属介在物を有する自動調心ころ軸受の選定（大きさ、深さ推定）に供した。また、超音波の入射方向は、常にファイバーフローに対して直角になるように変更して探傷を行った。

次に、実施例21と同様の回転試験機を用いて軸受の寿命試験を行った。

15 試験条件を以下に示す。

軸受：自動調心ころ軸受（呼び番22211）

試験荷重：ラジアル荷重35000N、アキシヤル荷重7000N

軸受回転速度：1500min⁻¹

潤滑油：VG68相当の鉱物油

20 異なるファイバーフローの角度 θ を有する各軸受について、非金属介在物の平方根長さが0.1～0.3mmの範囲でかつその深さがいずれも最大せん断応力位置（Z₀）以内である軸受内輪（No. 10～No. 17）を、超音波探傷試験（Ultrasonic Testing）において10個ずつ選別した。そして、各軸受毎にワイブル関数分布に基づくL10寿命を調査した。なお、内輪
25 のファイバーフローところとの接する角度 θ （以下、ファイバーフローの角度 θ という）が0°（直角）の時のL10寿命を1（No. 10）として、種々のファイバーフローの角度 θ を有する軸受のL10寿命を寿命比として評価した。

表5及び図11に寿命試験を行った結果を示す。

表 5

No.	ファイバーフロー角度 $\theta(^{\circ})$	寿命比	非金属介在物
10	0	1.00	長さ0.1~0.3mm 深さZ ₀ 以内
11	5	0.98	
12	10	0.96	
13	15	0.88	
14	20	0.70	
15	30	0.65	
16	45	0.65	
17	90	0.57	
18	45	0.98	Z ₀ 越え

表5及び図11から明らかなように、ファイバーフローの角度 θ を 15° 以下(No. 10~No. 13)とすると、寿命比に大きさ差が見られないことが判る。さらに、ファイバーフローの角度 θ を 10° 以下とすると、 $\theta=0^\circ$ の場合との寿命差が5%以下になることが判った。従って、ファイバーフローの角度 θ

5 を 10° 以下とすることが好ましい。

一方、ファイバーフローの角度 θ が 15° を越え 20° 以上になると、 $\theta=0^\circ$ の場合との寿命差が30%以上となり、短寿命傾向になることを示している。また、ファイバーフローの角度 θ を 45° とした場合でも、非金属介在物の存在深さがZ₀を越える例では、寿命比が0.98と殆ど影響を及ぼさないことが判る。

10 以上の結果から、自動調心ころ軸受において、内、外輪のうちの少なくとも一方の軌道輪のファイバーフローところとの接する角度が 15° 以下であり、且つ、軌道面全周×最大せん断応力深さの被検体積内に存在する非金属介在物の平方根長さが0.3mm以下であることが非破壊検査により保証されている軸受とすることで、長寿命軸受となることが判る。

15

産業上の利用可能性

以上のように、本発明の転がり軸受は、短寿命品の発生がなく、安定的に長寿命が保証された高信頼性の転がり軸受である。

また、本発明のころ軸受は、ころと内、外輪との間にすべりが生じ易く、且つ、
20 異物が侵入しない潤滑状態が良好な環境下においても、転がり疲れ寿命が優れている。

請 求 の 範 囲

1. 内輪と、外輪と、前記内輪と前記外輪との間に転動自在に配設された複数の転動体と、を備える転がり軸受において、
- 5 前記内輪及び前記外輪の少なくとも一方は、軌道面から最大せん断応力が作用する深さの2倍の深さまでの間の領域内に存在する非金属介在物の最大長さが0.5 mm以下であることが、非破壊検査によって保証されていることを特徴とする転がり軸受。
2. 前記非金属介在物の最大平方根長さが0.2 mm以下であることが、非破壊検査によって保証されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の転がり軸受。
- 10 3. 内輪と外輪との間に複数のころが周方向に沿って配設されたころ軸受であって、前記内輪及び前記外輪のうちの少なくとも一方の軌道輪のファイバーフロ一と前記ころとの接する角度 θ が 15° 以下であり、且つ、軌道面全周×最大せん断応力深さ＝被検体積とした場合に、該被検体積内に存在する欠陥の平方根長さが0.3 mm以下であることが非破壊検査により保証されていることを特徴とするころ軸受。
- 15

図 1

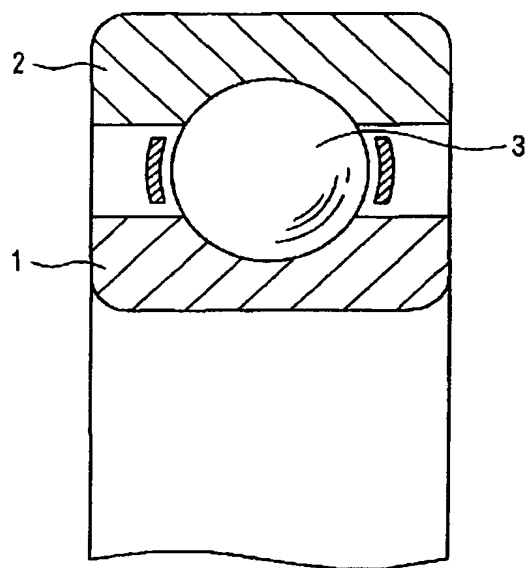


図 2

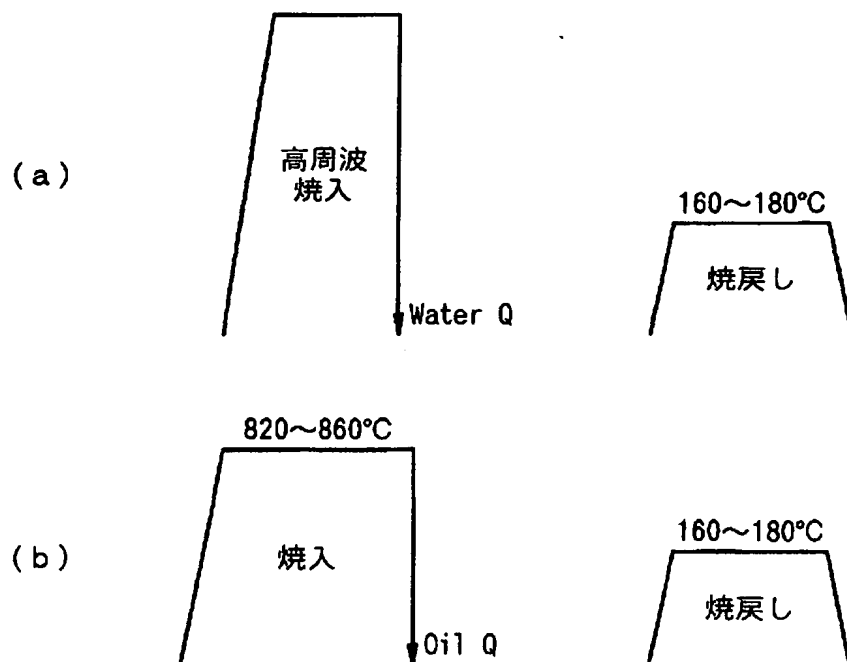


図 3

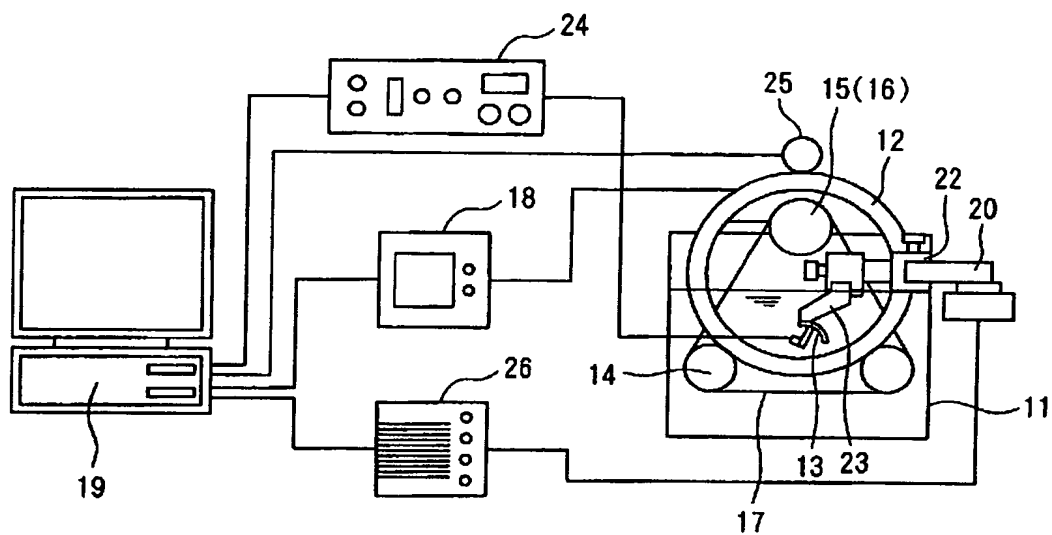


図 4

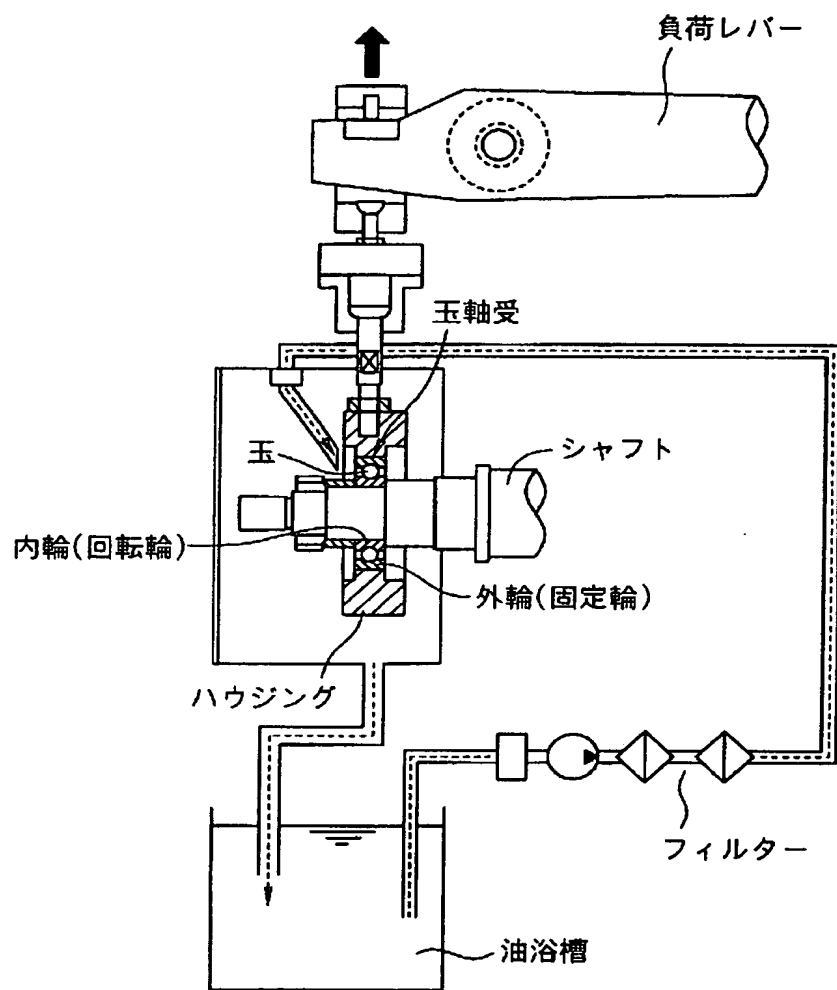


図 5

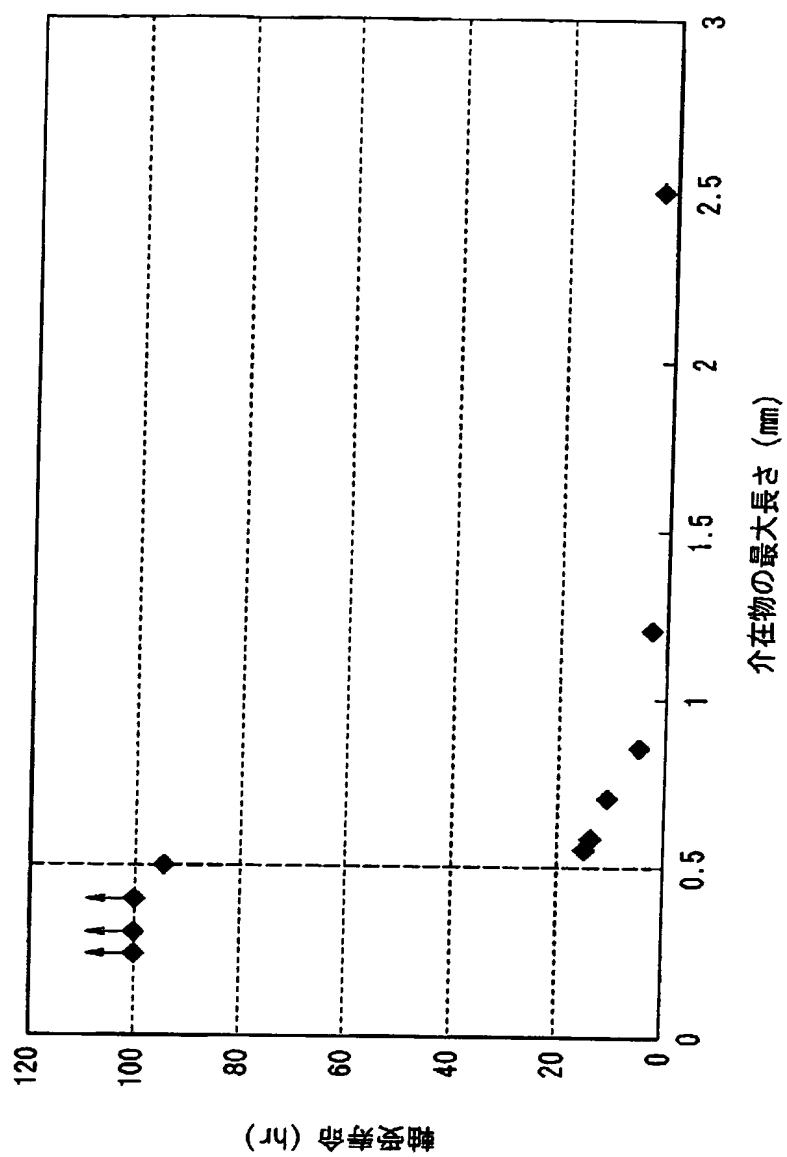


図 6

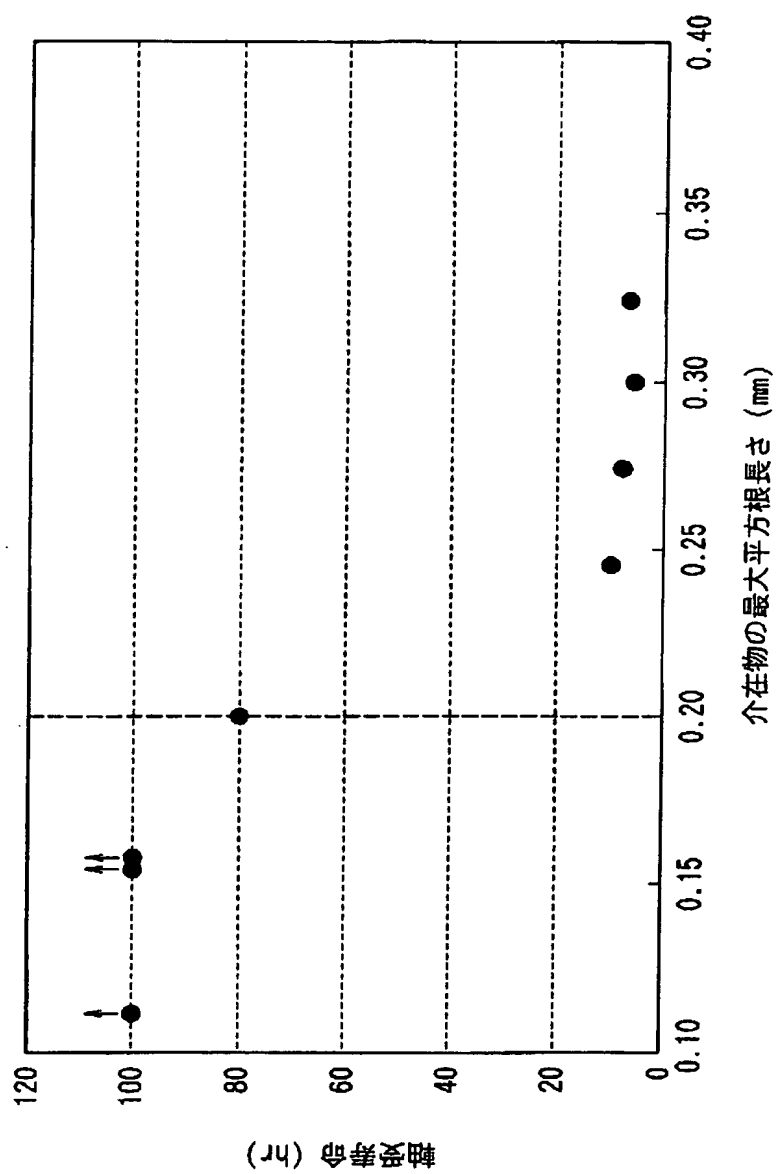


図 7

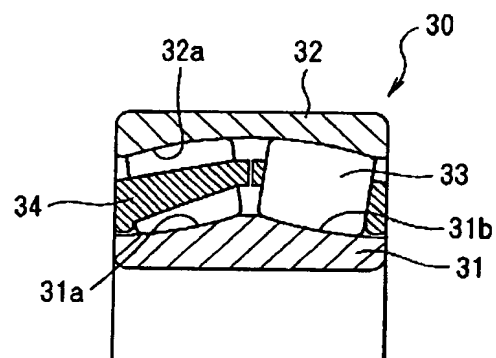


図 8

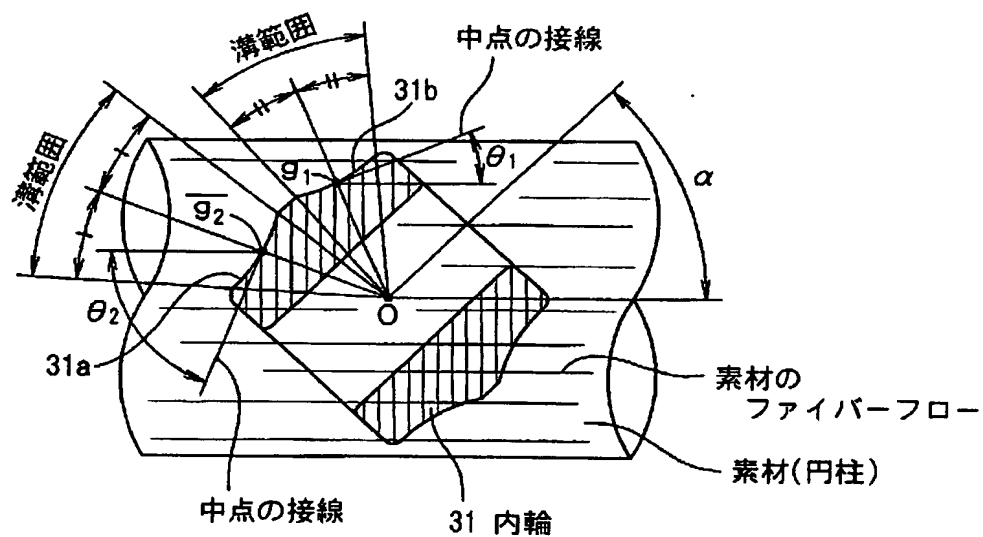


図 9

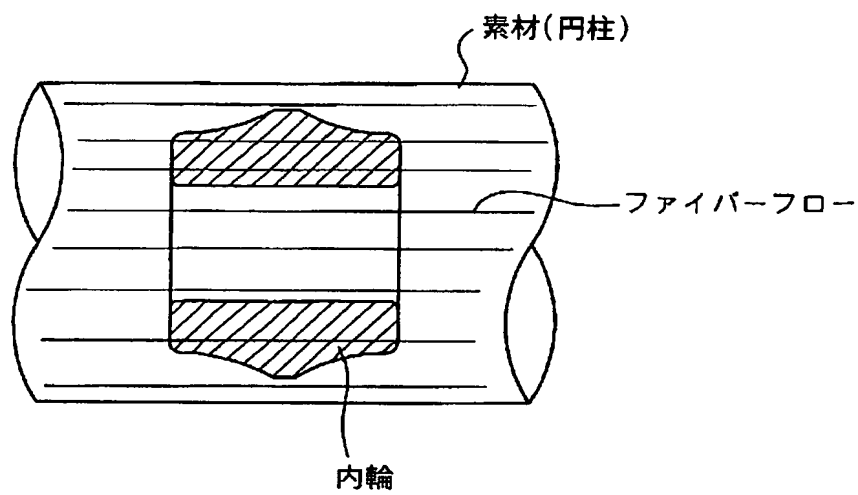


図 1 0

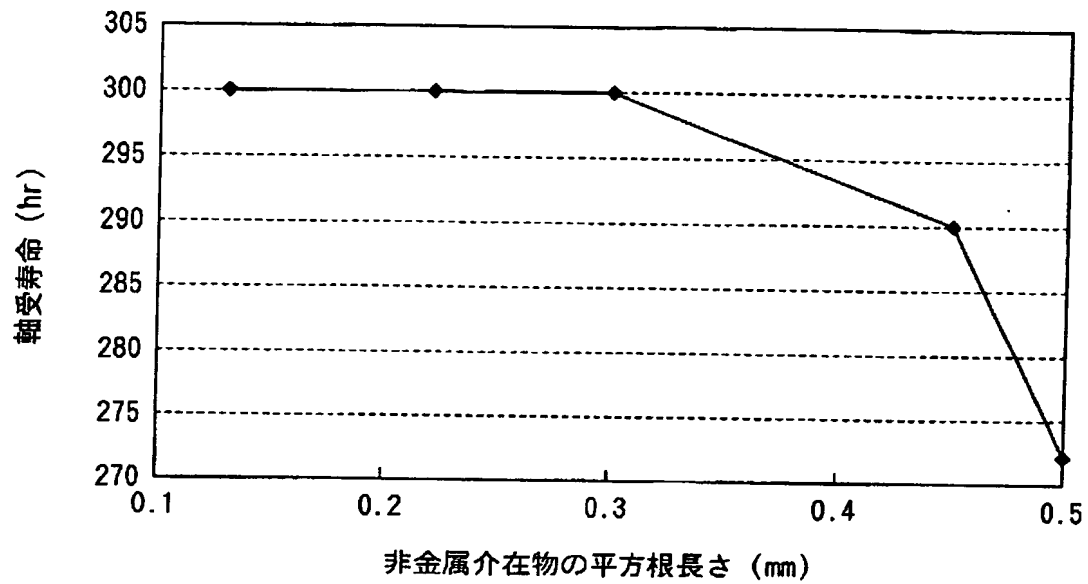
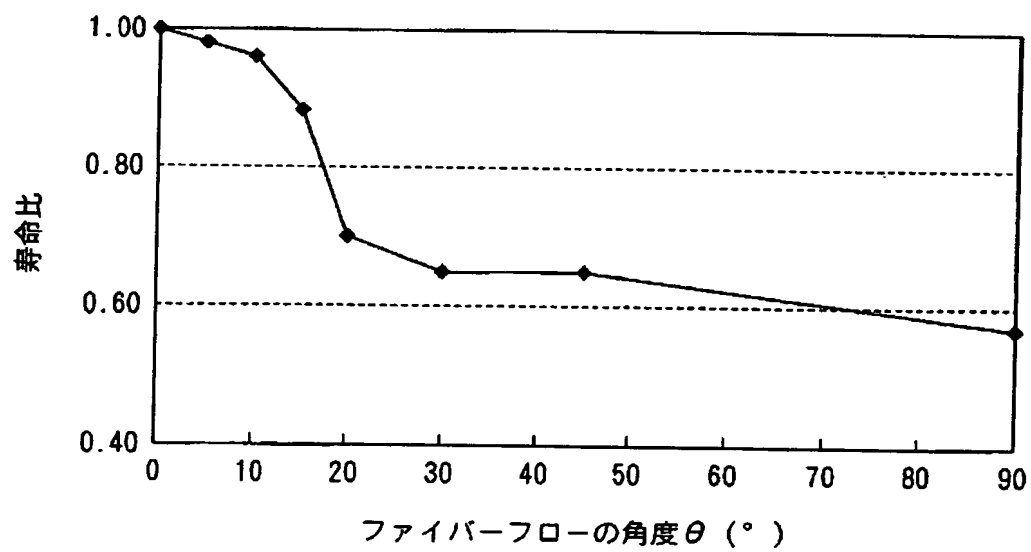


図 1 1



国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP02/10664

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. : F16C33/58, G01N29/10

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. : F16C33/58-33/64, G01N29/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-130447 A (日本精工株式会社) 2000.05.12 & DE 19952010 A1 & US 2001/0001172 A1 & US 6287010 B1	1-3
A	JP 2000-110841 A (日本精工株式会社) 2000.04.18 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 4-203621 A (日本精工株式会社) 1992.07.24 & GB 2250787 A & US 5147	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.01.03

国際調査報告の発送日

28.01.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J.P.)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤村 泰智

3W

9247

電話番号 03-3581-1101 内線 3366

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	140 A JP 8-42576 A (日本精工株式会社) 1996. 02. 13 (ファミリーなし)	3
A	JP 3-271343 A (日本精工株式会社) 1991. 12. 03 & GB 2242484 A & US 5259886 A	3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/10664

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ F16B33/58, G01N29/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F16B33/58-33/64, G01N29/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-130447 A (NSK Ltd.), 12 May, 2000 (12.05.00), & DE 19952010 A1 & US 2001/0001172 A1 & US 6287010 B1	1-3
A	JP 2000-110841 A (NSK Ltd.), 18 April, 2000 (18.04.00), (Family: none)	1-3
A	JP 4-203621 A (NSK Ltd.), 24 July, 1992 (24.07.92), & GB 2250787 A & US 05147140 A	1-3
A	JP 8-42576 A (NSK Ltd.), 13 February, 1996 (13.02.96), (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
14 January, 2003 (14.01.03)

Date of mailing of the international search report
28 January, 2003 (28.01.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/10664

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-271343 A (NSK Ltd.), 03 December, 1991 (03.12.91), & GB 2242484 A & US 5259886 A	3